Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

CC BY

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 55-65

Efficacy Comparison of Methoxyfenozide with Some Insecticides against Grape Berry Moth, *Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller (Lepidoptera: Tortricidae) Under Field Conditions

H. Mosallanejad[1*], H. Kamali[2], E. Alizadeh[3]- B. Gharali[4]

Received: 19-09-2021 Revised: 08-10-2021 Accepted: 16-11-2021 Available Online: 20-06-2022	**How to cite this article:** Mosallanejad, H., Kamali, H; Alizadeh, E., & Gharali, B. (2022). Efficacy Comparison of Methoxyfenozide with Some Insecticides against Grape Berry Moth, *Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller (Lepidoptera: Tortricidae) Under Field Conditions. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(1): 55-65. (In Persian with English abstract) **DOI:** 10.22067/JPP.2021.72410.1048

Introduction

Grape, *Vitis vinifera* L. is one the most important economic and major global crop. Grape production is aimed at various markets, namely, table grapes for fresh consumption and processed grapes that are dried into raisins or pressed for grape juice. The European grapevine moth, *Lobesia botrana* Denis and Schiffermuller, (Lepidoptera: Tortricidae) is one of the major pest of grape in Iran and worldwide. Larvae of the first generation feed on bud clusters and flowers, whereas larvae of the subsequent generations feed exclusively on ripening and ripe berries and causes considerable yield losses. One *L. botrana* larva is capable of damaging between 2 and 10 berries, depending on the cultivar and the grape phenology. *L. botrana* is a multivoltine species with three to four generations per year. The focus of the control methods against this pest in our country is the use of insecticides. In Iran, three insecticides azinphos-methyl, diazinon and phosalone (all registered in 1968) were previously registered to control this pest. However, azinphos-methyl and diazinon have been now phased out from the list of authorized pesticides. Therefore, registration of the new active ingredient of insecticides with novel mode of action is very important. Methoxyfenozide is one of the most effective of the non-steroidal ecdysteroid agonist insecticides that has been commercialized and used against Lepidoptera species globally. Its mode of action is based on their capacity to induce a premature and incomplete moulting and susceptible insects die from desiccation and starvation. In addition, methoxyfenozide have a high safety profile against natural enemies of pests. Accordingly, methoxyfenozide is compatible in integrated pest management (IPM) programs. In directions to register new pesticides and diversify the pesticide basket in our country, the current research was done to evaluate the field efficacy of methoxyfenozide (SC24%), in comparison with spinosad (SC24%), *Bacillus thuringiensis* (Bt) and Lufox® (Lufenuron+Fenoxycarb, EC10.5%).

Materials and Methods

The project was performed against the second and third generations, based on a completely randomized design with three replicates in Dizaj Dol (Urmia West Azarbaijan), Khalil Abad (Kashmar, Khorasan Razavi)

1- Assistant Research Professor at Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: hmosalla@gmail.com)
2- Associate Research Professor at Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran
3- Assistant Research Professor at West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran
4- Associate Research Professor at Ghazvin Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ghazvin, Iran

and Dehnok (Takestan, Qazvin). The efficacy of the treatments was done based on the damaged bunches. To do this, at 3, 7, 14 and 21 days after treatment, the total bunches of each treatments firstly were counted and then the rate of damaged bunches were evaluated. The experimental treatments were: 1) methoxyfenozide (0.5 ml/L); 2) methoxyfenozide (0.75 ml/L); 3) spinosad 4) Lufox; 5) Bt and 6) control. The control treatment was sprayed by water only. Applications were made according to pheromone trap captures of males. In each treatment, 50-90 randomly selected bunches (from five treated plant) were collected and carefully examined for damage caused by *L. botrana*. Statistical analysis was performed using the SAS software (ver. 9.1). One row was considered as the distance between the experimental units.

Results and Discussion

The combine analysis of variance showed that interaction of treatment×location was significant, meaning that the experimental treatments had different responds in different locations. Accordingly, the data were statistically analyzed based on this. Moreover, the results of the factorial statistical analysis indicated that the effect of generation and the interaction between generation and location were not significant. Thus, in this article only the results of the second generation are provided. The results showed that in all cases, methoxyfenozide has acceptable efficacy at 14 and 21 days of post treatment. Therefore, no notable expectation of methoxyfenozide, in term of efficacy, should be expected until one week after spraying. The observed delayed toxicity of methoxyfenozide is consistence with previous reports and it is due to unique mode of action being moulting hormone agonist which induce premature moulting leading to death. It is necessary to note that there was no statistically significant difference in the efficacy of methoxyfenozide with Spinozad and Lufox during the mentioned period. For example, in Urmia methoxyfenozide (0.75 ml/L) exhibited 78.72% efficacy (at 14 days of post treatment, which was not statistically significant with spinosad (80.63%) and Lufox (81.04%). In conclusion, our results showed that methoxyfenozide exhibited acceptable efficacy against *Lobesia botrana*, required for registration in Iran. However, since the both methoxyfenozide concentrations (0.75 and 0.5 ml/L) had the same efficiency and considering the low-input of pesticides to the environment, it is recommended to use the application rate of 0.5 ml/L against this pest.

Keywords: Efficacy, Grape Berry Moth**,** *Lobesia botrana*, Methoxyfenozide insecticide

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۶۵-۵۵

مقایسه کارائی متوکسی‌فنوزاید با چند حشره‌کش در کنترل کرم خوشه‌خوار انگور در شرایط مزرعه‌ای

هادی مصلی نژاد[1*]- هاشم کمالی[2]- اسماعیل علیزاده[3]- بابک قرالی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۵

چکیده

کرم خوشه‌خوار انگور (*Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller) یکی از آفات مهم انگور در ایران و جهان می‌باشد که خسارت قابل‌توجهی را به محصول وارد می‌کند. در راستای ثبت آفت‌کش‌های جدید و تنوع بخشی به سبد آفت‌کش‌ها در کشور، تحقیق حاضر به منظور بررسی کارائی حشره‌کش متوکسی‌فنوزاید (SC24%) در مقایسه با اسپینوزاد (SC24%)، حشره‌کش میکروبی Bt و حشره‌کش ترکیبی "لوفنورون+فنوکسی‌کارب" (لوفوکس®) (EC10.5%) انجام شد. متوکسی‌فنوزاید از حشره‌کش‌های شبه هورمون پوست‌اندازی است و در گروه ترکیبات مختل‌کننده رشد حشرات قرار می‌گیرد که باعث پوست‌اندازی ناقص در لارو پروانه‌ها و در نهایت مرگ حشره می‌شود. پروژه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار روی نسل دوم آفت در سه منطقه دیزج دول (ارومیه)، دهنوک تاکستان (قزوین) و خلیل‌آباد (خراسان رضوی) در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. کارآئی تیمارها بر اساس میزان آلودگی خوشه‌ها انجام شد. بدین منظور ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی، ابتدا تعداد کل خوشه‌های هر تیمار شمارش و سپس نسبت خوشه‌های آلوده به کل خوشه‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد که متوکسی‌فنوزاید در بیشتر موارد در ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی کارائی قابل توجهی دارد. البته در بازه زمانی اشاره شده، کارائی متوکسی فنوزاید با اسپینوزاد و لوفوکس اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت. به عنوان مثال در ارومیه کارائی متوکسی‌فنوزاید (۰/۷۵ درهزار) در ۱۴ روز پس از سمپاشی ۷۸/۷۲ درصد محاسبه شد که با کارائی اسپینوزاد (۸۰/۶۳ درصد) و لوفوکس (۸۱/۰۴ درصد) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت، بنابراین تا یک هفته پس از سمپاشی، انتظار قابل‌توجهی از متوکسی‌فنوزاید نباید داشت. در مجموع نتایج نشان داد که کارائی متوکسی‌فنوزاید با هر دو غلظت برای کنترل کرم خوشه‌خوار انگور از سطح قابل قبولی برای ثبت در کشور برخوردار می‌باشد، اما با توجه به سیاست کلان ورود کمتر آفت‌کش‌ها به محیط زیست، بنابراین توصیه می‌شود این حشره‌کش با غلظت (۰/۵ درهزار)، علیه این آفت مصرف شود.

واژه‌های کلیدی: حشره‌کش متوکسی‌فنوزاید، کارائی، کرم خوشه‌خوار انگور، *Lobesia botrana*

مقدمه

انگور با نام علمی *Vitis vinifera* L. از تیره Vitaceae یکی از محصولات مهم و با ارزش کشور است که هم به صورت تازه‌خوری و هم به صورت فرآورده‌هایی مثل شیره و آب‌انگور مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۸، میزان تولید انگور در کشور ۳/۳ میلیون تن بوده است که در بین محصولات باغبانی رتبه سوم را کسب کرده است که معادل ۱۴/۲

۱- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hmosalla@gmail.com)
۲- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۳- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
۴- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران

DOI: 10.22067/JPP.2021.72410.1048

درصد از کل تولید محصولات باغبانی کشور را شامل می‌شود (Ahmadi *et al*., 2020). مهم‌ترین آفتی که انگور را تهدید می‌کند، کرم خوشه‌خوار می‌باشد. این آفت شب‌پره‌ای[1] است با نام علمی *Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller که در کلیه تاکستان‌های کشور نظیر آذربایجان غربی و شرقی، خراسان، همدان، قزوین، کهگیلویه و بویراحمد، فارس و چهارمحال‌وبختیاری فعالیت دارد. میزبان اصلی این آفت انگور است اما بر اساس گزارش استئینیتز و همکاران (Steinitz *et al*., 2015) بیش از ۴۰ گونه گیاهی (شامل کیوی، خرمالو، زیتون، زرشک و تمشک) از ۲۷ تیره به عنوان میزبان برای این آفت به ثبت رسیده است. این آفت حشره‌ای است چند نسلی که لاروهای نسل اول، دوم و سوم به ترتیب روی جوانه‌های گل[2]، غوره و میوه‌های رسیده[3] خسارت می‌زنند که معمولا خسارت نسل‌های دوم و سوم چشمگیر بوده و اقتصادی قلمداد می‌شود (Ioriatti *et al*., 2012).

در سطح جهانی برای مدیریت این آفت روش‌های مختلفی نظیر عقیم‌کردن نرها (Steinitz *et al*., 2015)، اخلال در جفتگیری با فرومون جنسی (Ioriatti *et al*., 2011) و سایر روش‌های غیرشیمیائی و بیولوژیک (Thiéry *et al*., Pertot *et al*., 2017 ; 2018) مورد مطالعه قرار گرفته و پیشنهاد شده، اما کنترل شیمیائی با گروه‌های مختلف حشره‌کش نقش مهم و تعیین کننده‌ای را ایفا می‌کند. در ایران قبلا سه حشره‌کش آزینفوس‌متیل، دیازینون و فوزالون (هر سه حشره‌کش در سال ۱۳۴۷ به ثبت رسیده است) برای مبارزه با این آفت ثبت شده بودند که آزینفوس‌متیل و دیازینون هم‌اکنون از فهرست آفت‌کش‌های مجاز کشور حذف شده‌اند (Noorbakhsh, 2021). بنابراین به دلیل کمبود تنوع حشره‌کش‌ها برای این آفت، تری‌کلرفون (SP80%)، باسیلوس (*Bacillus thuringiensis*) و اسپینوزاد (SC24%) از سوی سازمان حفظ نباتات برای آن توصیه شده‌اند (Noorbakhsh, 2021). در راستای تنوع بخشی به سبد آفت‌کش‌های کشور برای این آفت و از آنجائی که ثبت هر حشره‌کش در کشور مستلزم انجام پژوهش‌های مزرعه‌ای در مناطق مختلف کشور می‌باشد، در این پروژه تحقیقاتی، کارائی حشره‌کش جدید متوکسی‌فنوزاید با نام تجاری "پرودی" (Prodigy®) در مقایسه با اسپینوزاد، حشره‌کش زیستی-میکروبی Bt و حشره‌کش ترکیبی "لوفنورون+فنوکسی‌کارب" در سه منطقه کشور بررسی شد. نتایج این تحقیق می‌توانند به عنوان اطلاعات پایه از لحاظ حساسیت آفت[4] به حشره‌کش‌ها برای مطالعات بعدی در آینده مورد استفاده قرار گرفته و اطلاعات کاربردی مهمی را ارائه دهد.

اهمیت چنین داده‌هائی به عنوان مهم‌ترین منابع اطلاعاتی که در آینده مورد استفاده قرار خواهند گرفت در دنیا مورد تاکید محققین قرار گرفته است (Van Timmeren *et al*., Prabhaker *et al*., 2006 ; 2018).

متوکسی‌فنوزاید، از حشره‌کش‌های شبه هورمون پوست‌اندازی است و در گروه ترکیبات مختل‌کننده رشد حشرات[5] قرار می‌گیرد (Dhadialla *et al*., 2005) که باعث پوست‌اندازی ناقص در لارو پروانه‌ها شده و در نهایت مرگ حشره را سبب می‌شود. متوکسی‌فنوزاید به دلیل کم‌خطر بودن برای انسان و سایر پستانداران و همین‌طور ایمن بودن برای دشمنان طبیعی آفات از سوی انجمن شیمی آمریکا، جایزه شیمی سبز را در سال ۱۹۹۸ به خود اختصاص داد. در سیستم طبقه‌بندی ایراک (IRAC[6]) که حشره‌کش‌ها را بر اساس نحوه عمل طبقه‌بندی می‌کند، این ترکیب در گروه شماره ۱۸ تحت عنوان آگونیست‌های گیرنده اکدایسون[7] قرار گرفته است (Mosallanejad, 2020). در سطح جهانی، متوکسی‌فنوزاید برای مدیریت طیف وسیعی از آفات پروانه‌ای در محصولات کشاورزی شامل درختان میوه هسته‌دار و دانه‌دار، مرکبات، سبزیجات برگی، برنج، ذرت و پنبه در کشورهای اتحادیه اروپائی، استرالیا و آمریکا ثبت شده و از منظر کشاورزی پایدار در انگور در سطح جهانی به عنوان یکی از مولفه‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) توصیه شده است (Daane *et al*., 2018).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۹ در سه منطقه دیزجدول (ارومیه، استان آذربایجان غربی)، شهرستان خلیل‌آباد (استان خراسان رضوی) و نودهک تاکستان (استان قزوین) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. مشخصات جغرافیائی این مکان‌ها عبارتند از: دیزج دول ("۳۹ '۵۵ °۴۴ شرقی و "۴۵ '۱۲ °۳۷ شمالی)، خلیل آباد ("۰۴ '۳۱ °۵۸ شرقی و "۵۰ '۲۵ °۳۵ شمالی) و نودهک ('۳۵ °۴۹ شرقی و '۵۷ °۳۵ شمالی). تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) متوکسی‌فنوزاید (SC 24%) (پرودی®) با دز ۰/۵ (نیم) درهزار (تولید شرکت بایوکراپ)؛ ۲) متوکسی‌فنوزاید (پرودی®) (SC 24%) با دز ۰/۷۵ (هفتاد و پنج صدم) درهزار (تولید شرکت بایوکراپ)؛ ۳) لوفنورون+فنوکسی‌کارب (لوفوکس®) (EC 10.5%) با دز ۰/۳ (سه دهم) درهزار (ساخت شرکت سینجنتا سوئیس)؛ ۴) اسپینوزاد (SC24%) (تریسر®) (۰/۲۵ درهزار) (ساخت شرکت چینی جیازینگ

1- Lepidoptera: Tortricidae
2- Anthophagous
3- Carpophagous
4- Baseline Susceptibility Data
5- Insect growth disruptors
6- Insecticide Resistance Action Commite
7- ecdysone receptor agonists

سونس[۱]؛ ۵) ترکیب باسیلوس تورینجینسیس (Bt) (بایولپ®) (SC) دو درهزار (تولیدی شرکت فناوری زیستی طبیعت گرا) و ۶) شاهد (سمپاشی با آب).

آزمایش‌ها روی نسل‌های دوم و سوم آفت اجرا شد. جهت تعیین زمان مناسب سمپاشی از تله‌های فرومونی استفاده شد، به طوری‌که سمپاشی هفت تا ده روز بعد از اوج پرواز، انجام شد. قبل از سمپاشی (با سمپاش موتوری لانس‌دار)، میزان آب مصرفی از طریق کالیبراسیون محاسبه شد. در تیمار شاهد، از آب به تنهایی استفاده شد. ارزیابی کارائی تیمارها براساس میزان آلودگی خوشه‌ها انجام شد (Civolani *et al*., 2014; Vassiliou, 2011). دلیل در نظر گرفتن آلودگی خوشه‌ها، دشوار بودن شمارش لاروهاست که درون حبه‌های انگور فعالیت دارند و دیدن آنها با چشم میسر نیست. در هر واحد آزمایشی (تکرار هر تیمار) ، بین ۹۰-۵۰ خوشه متعلق به پنج درختچه سمپاشی شده، به طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفت. برای برآورد میزان آلودگی خوشه‌ها، ابتدا تعداد کل خوشه‌های هر تیمار شمارش و سپس نسبت خوشه‌های آلوده از کل خوشه‌ها در هر تیمار تعیین شد. براساس منابع ارائه شده در بالا، خوشه‌هایی که بیش از سه حبه آلوده داشتند، خوشه آلوده محسوب شدند. نمونه‌برداری‌ها ۳، ۷ ، ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی انجام شد. سپس بر اساس تفاوت بین درصد خوشه‌های آلوده در تیمار شاهد با سایر تیمارها، کارایی هر حشره‌کش با فرمول زیر محاسبه شد (Vassiliou, 2011 ; Civolani *et al*., 2014).

(۱۰۰×درصد خوشه‌های آلوده در تیمار) تقسیم بر درصد خوشه‌های آلوده در تیمار شاهد. عدد به دست آمده از این فرمول از ۱۰۰ تفریق شد که به عنوان کارائی نهائی تیمار گزارش شد. تجزیه آماری نتایج (در سطح احتمال پنج درصد) و گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارها با آزمون توکی (Tukey)، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان معنی‌دار است. مولفه‌های آماری این تجزیه عبارتند از: سه روز بعد از سمپاشی (F=4.21; P<0.0001; df=4)، هفت روز (F=0.88; P<0.001; df=4)، ۱۴ روز (F=1.24; P<0.001; df=4) و ۲۱ روز (F=4.88; P<0.001; df=4). به عبارت دیگر تیمارهای آزمایشی در مکان‌های مختلف، پاسخ‌های متفاوتی را نشان دادند. بنابراین داده‌ها بر اساس مکان‌های مورد مطالعه، جداگانه تجزیه آماری شدند.

همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد، این تحقیق روی نسل‌های دوم و سوم آفت اجرا شد. اما آزمون آماری فاکتوریل نشان داد که اثر نسل و همین طور اثر متقابل "نسل×مکان" معنی‌دار نیست، بنابراین فقط نتایج نسل دوم آفت ارائه می‌شود. مولفه‌های آماری این آزمون برای اثر نسل عبارتند از: سه روز بعد از سمپاشی (F=0.15; P<0.69; df=1)، هفت روز (F=0.11; P<0.74; df=1)، ۱۴ روز (F=0.16; P<0.68; df=1) و ۲۱ روز (F=3.02; P<0.18; df=1). مولفه‌های آماری این آزمون برای اثر متقابل "نسل×مکان" عبارتند از: سه روز بعد از سمپاشی (F=0.11; P<0.9; df=2)، هفت روز (F=0.17; P<0.84; df=2)، ۱۴ روز (F=0.16; P<0.84; df=2) و ۲۱ روز (F=0.98; P<0.38; df=2).

نتایج ارومیه

جدول ۱ میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی علیه نسل دوم آفت در روزهای مختلف پس از سمپاشی را نشان می‌دهند.

الف) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت سه روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=8.12; P<0.0061; df=4). گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی در این بازه زمانی نشان داد که لوفوکس با کارایی ۸۴/۴۱ درصد بالاترین (گروه آماری a) و متوکسی‌فنوزاید (نیم‌درهزار) با کارائی ۲۳/۳۶ درصد به همراه اسپینوزاد و بی‌تی (به ترتیب با ۴۲/۷۴ و ۳۸/۰۷ درصد) کمترین کارائی را داشتند (گروه آماری b) (جدول ۱).

ب) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت هفت روز از سمپاشی، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=32.91; P<0.0001, df=4). گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی نشان داد که لوفوکس با کارایی ۸۳/۸۱ درصد بالاترین (گروه a) و بی‌تی با کارائی ۳۱/۶۹ درصد کمترین کارائی را داشتند (گروه c) (جدول ۱).

ج) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت ۱۴ روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=118.36; P<0.0001; df=4). گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی نشان داد که چهار تیمار آزمایشی لوفوکس، اسپینوزاد، متوکسی‌فنوزاید (نیم‌درهزار) و متوکسی‌فنوزاید (۰/۷۵ درهزار) بالاترین کارایی و بی‌تی با کارائی ۳۲/۲۴ درصد کمترین کارائی را داشتند (جدول ۱).

د) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت ۲۱ روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=57.47; P<0.0001; df=4). گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی در این بازه زمانی نشان داد که چهار تیمار لوفوکس، اسپینوزاد، متوکسی‌فنوزاید (نیم‌درهزار) و متوکسی‌فنوزاید (۰/۷۵ درهزار) بالاترین کارایی و بی‌تی با کارائی ۳۶/۸۴ درصد کمترین کارائی را داشتند (جدول ۱).

1- Jiaxing Suns Agrochemicals

جدول ۱- میانگین درصد کارایی (±اشتباه استاندارد) تیمارهای مختلف علیه کرم خوشه‌خوار انگور در نسل دوم آفت در دیزج دول (ارومیه) در ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بعد از سمپاشی

Table 1- Mean percentage of efficacy (±Standard Error) in different experimental treatments against the grapevine moth, *Lobesia botrana* in 3, 7, 14 and 21 days after spraying in Dizaj Dol (Urmia)

تیمارها	روزهای بعد از سمپاشی			
Treatments	**3+**	**7+**	**14+**	**21+**
Methoxyfenozide (0.5)	23.36±7.45 b	55.10±1.86 b	78.68±2.54 a	75.62± 2.00 a
Methoxyfenozide (0.75)	60.46±8.29 ab	69.91±2.50 ab	78.72±2.30 a	80.09±2.89 a
Lufox	84.41±2.58 a	83.81±2.37 a	81.27±1.79 a	79.38±4.83 a
Spinosad	42.74±8.59 b	70.52±0.34 ab	80.63±2.58 a	81.21±6.46 a
Bt	38.07±11.21 b	31.69±6.66 c	32.24±3.67 b	36.86±7.92 b

در هر ستون، حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letters in each column indicate a significant difference in the probability level of 0.05%.

نتایج استان خراسان رضوی

جدول ۲ میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی علیه نسل دوم آفت در روزهای مختلف پس از سمپاشی را نشان می‌دهند.

الف) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت سه روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=15.69; P<0.0007; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در این بازه زمانی نشان داد که لوفوکس و اسپینوزاد به ترتیب با ۶۵/۳۸ و ۶۶/۵۹ درصد بالاترین کارائی و بقیه تیمارها کارائی کمتری داشتند (جدول ۲).

ب) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت هفت روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=5.26; P<0.022; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که همه تیمارها در گروه آماری a قرار می‌گیرند (جدول ۲).

ج) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت ۱۴ روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=10.71; P<0.0027; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که دو تیمار آزمایشی لوفوکس و اسپینوزاد به ترتیب با ۶۲/۰۵ و ۶۰/۹۶ درصد بالاترین کارایی و بی‌تی با ۳۵/۰۷ درصد کمترین کارائی را داشتند (جدول ۲).

د) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت ۲۱ روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=14.50; P<0.001; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که چهار تیمار لوفوکس، اسپینوزاد، متوکسی‌فنوزاید (نیم‌درهزار) و متوکسی‌فنوزاید (۰/۷۵ درهزار) بالاترین کارایی و بی‌تی با کارائی ۳۱/۳۱ درصد کمترین کارائی را داشتند (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین درصد کارایی (±اشتباه استاندارد) تیمارهای مختلف علیه کرم خوشه خوار انگور در نسل دوم آفت در خلیل آباد در ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بعد از سمپاشی

Table 2- Mean percentage of efficacy (±Standard Error) in different experimental treatments against the grapevine moth, *Lobesia botrana* in 3, 7, 14 and 21 days after spraying in Khalil Abad

تیمارها	روزهای بعد از سمپاشی			
Treatments	**3+**	**7+**	**14+**	**21+**
Methoxyfenozide (0.5)	38.47± 2.14 b	46.15± 2.88 a	40.95±5.33 bc	48.55± 4.30 a
Methoxyfenozide (0.75)	39.91±3.14 b	45.06±2.58 a	59.42±3.23 ab	61.26±1.42 a
Lufox	65.38±7.38 a	63.71±6.41 a	62.05±3.45 a	51.32±4.06 a
Spinosad	66.59±3.18 a	60.41±4.45 a	60.96±2.12 a	48.37±3.01 a
Bt	37.36±1.57 b	44.85±5.14 a	35.07±3.51 c	31.31±2.83 b

در هر ستون، حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letters in each column indicate a significant difference in the probability level of 0.05%.

استان قزوین

جدول ۳ میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی علیه نسل دوم آفت در روزهای مختلف پس از سمپاشی را نشان می‌دهند.

الف) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت سه روز از سمپاشی

نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=12.01; P<0.0018; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که لوفوکس با کارایی ۷۸/۸۶ درصد بالاترین و بی‌تی با ۴۳/۹۹ درصد کمترین کارائی را داشتند (جدول ۳).

ب) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت هفت روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=10.60; P<0.0028; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که لوفوکس و اسپینوزاد به ترتیب با کارایی ۸۰/۵۲ و ۷۵/۱۳ بالاترین کارائی و تیمار بی‌تی با ۴۴/۹۹ درصد کمترین کارائی را داشتند (جدول ۳).

ج) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت ۱۴ روز بعد از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=24.99; P<0.0001; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که تیمارهای لوفوکس، اسپینوزاد و متوکسی‌فنوزاید (هر دو دز) بیشترین کارآئی را دارا بودند. بی‌تی نیز با ۴۱/۶۶ درصد کمترین کارائی را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

د) تجزیه آماری داده‌ها پس از گذشت ۲۱ روز از سمپاشی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (F=27.90; P<0.0001; df=4). گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی نشان داد که تیمارهای متوکسی‌فنوزاید (هر دو دز)، لوفوکس و اسپینوزاد همگی بالاترین کارایی و بی‌تی نیز با ۴۳/۹۹ درصد کمترین کارائی را داشتند (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین درصد کارایی (±اشتباه استاندارد) تیمارهای مختلف علیه کرم خوشه خوار انگور در نسل دوم آفت در نودهک (قزوین) در ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بعد از سمپاشی

Table 3- Mean percentage of efficacy (±Standard Error) in different experimental treatments against the grapevine moth, *Lobesia botrana* in 3, 7, 14 and 21 days after spraying in Dehnok (Qazvin)

تیمارها	روزهای بعد از سمپاشی			
Treatments	3+	7+	14+	21+
Methoxyfenozide (0.5)	53.15± 3.14 c	65.48±5.15 a	76.15± 2.91 a	88.48± 2.20 a
Methoxyfenozide (0.75)	55.97±3.48 bc	63.97±5.32 ab	79.31±6.00 a	85.31±4.13 a
Lufox	78.86±3.00 a	80.52±1.41 a	83.86±1.66 a	82.86±2.23 a
Spinosad	76.13±5.53 ab	75.13±2.88 a	81.46±1.24 a	80.80±3.43 a
Bt	43.99±4.17 c	44.99±2.65 b	41.66±5.76 b	43.99±4.21 b

در هر ستون، حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letters in each column indicate a significant difference in the probability level of 0.05%.

بحث

متوکسی‌فنوزاید یکی از حشره‌کش‌های شبه‌هورمون پوست‌اندازی است که کاملا خاصیت انتخابی داشته و فقط روی لارو پروانه‌ها اثر دارد و برای مدیریت طیف وسیعی از آفات پروانه‌ای نظیر ساقه‌خوار اروپایی ذرت (*Ostrinia nubilalis* Hübner)، کرم سیب (*Cydia pomonella* Linnaeus)، برگخوار چغندر (*Spodoptera exigua* Hübner)، کرم غوزه پنبه (*Helicoverpa armigera* Hübner) و بید گوجه فرنگی (*Tuta absoluta* Meyrick) در دنیا استفاده می‌شود (Smagghe *et al*., 2012). بر اساس گزارش رسمی دولت ایالات متحده آمریکا، میزان مصرف متوکسی‌فنوزاید بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ رشد ۱۵ برابری داشته است (Baker, 2017).

برای شناخت بهتر نحوه عمل این ترکیب، باید فیزیولوژی پوست‌اندازی در حشرات را شناخت. به طور کلی، فرایند پوست‌اندازی در حشرات در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول مقدار هورمون پوست‌اندازی در همولنف زیاد می‌شود که در حقیقت آغازگر فرایند پوست‌اندازی است. هورمون پوست‌اندازی به گیرنده اکدایستروئیدی یعنی مجموعه پروتئینی EcR/USP متصل می‌شود که باعث بیان ژن‌های مرتبط خواهد شد. مثلا سلول‌های اپیدرمی شروع به تقسیم شدن می‌کنند و مایع پوست‌اندازی نیز ترشح می‌شود و در نهایت در مرحله اول، کوتیکول جدید حشره ساخته می‌شود. در مرحله دوم پوست‌اندازی، مقدار هورمون فوق رو به کاهش رفته که باعث بیان ژن‌های نقش‌آفرین که در سفت و سخت شدن کوتیکول و همین‌طور رنگ‌آمیزی دخالت دارند، می‌شود (Retnakaran *et al*., 2003 ; Henrich, 2005). متوکسی‌فنوزاید، در حقیقت عمل این هورمون را تقلید می‌کند، یعنی پس از کاربرد مثل هورمون پوست‌اندازی به گیرنده یادشده متصل می‌شود و دقیقا مرحله اول پوست‌اندازی که منجر به تولید کوتیکول جدید می‌شود را باعث می‌شوند. اما برخلاف هورمون پوست‌اندازی که در مرحله دوم از محیط حذف می‌شود، متوکسی‌فنوزاید با پیوند محکمی که با گیرنده ایجاد می‌کند، از محیط حذف نشده و لذا باعث می‌شود مرحله دوم پوست‌اندازی به‌طور کامل انجام نشود و لذا پوست‌اندازی ناقص انجام شده که منجر به مرگ حشره خواهد شد (Song *et al*., 2017). انتخابی بودن متوکسی‌فنوزاید دقیقا از همین موضوع ناشی می‌شود که میل ترکیب

آن با گیرنده فوق در لارو پروانه‌ها بسیار زیادتر از اتصال آن به گیرنده سایر حشرات است (Soin *et al.*, 2010; King-Jones and Thummel, 2005). از میان سایر حشرات (به غیر از بال‌پولک‌داران)، متوکسی‌فنوزاید فقط روی بعضی از دوبالان تاثیر کشندگی دارد (Morou *et al.*, 2013; Pavviya and Childs *et al.*, 2016; Muthukrishnan, 2017).

نکته مثبت دیگر متوکسی‌فنوزاید، ایمن بودن برای دشمنان طبیعی آفات می‌باشد که ناشی از ویژگی انتخابی بودن آن است که در بالا توضیح داده شد. در این خصوص گزارش شده است که متوکسی‌فنوزاید روی مرحله بالغ سن شکارگر اوریوس *Orius insidiosus* Say[1] اثر سوء ندارد (Rodriguez-Saona *et al.*, 2016). در پژوهشی دیگر (del Mar Fernández *et al.*, 2012)، گزارش شده است که متوکسی‌فنوزاید با مراحل بالغ سه دشمن طبیعی سفید بالک (*Bemisia tabaci* Gennadius) به نام‌های زنبور پارازیتوئید *Eretmocerus mundus* Mercet و سن‌های شکارگر *Nesidiocoris tenuis* Reuter و *Orius laevigatus* Fieber سازگار است و اثر سوئی روی آنها ندارد. به علاوه، عدم اثر سوء متوکسی‌فنوزاید روی زنبورهای گرده افشان نظیر زنبورهای مخملی نظیر (*Bombus terrestris* Linnaeus) نیز گزارش شده است (Mommaerts *et al.*, 2006). نکته دیگر اینکه متوکسی‌فنوزاید علاوه بر مرگ لاروها در اثر پوست‌اندازی ناقص، روی مراحل تولید مثلی (باروری و تخمریزی) حشرات کامل بال‌پولک‌داران نیز تاثیر منفی گذاشته و آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد که از لحاظ کاهش جمعیت‌های آفات در نسل‌های بعد اهمیت دارد (Bakli *et al.*, 2016; Sabry *et al.*, 2017; Hamaidia and Soltani 2021). به طور کلی ترکیبات مختل کننده رشد حشرات که متوکسی‌فنوزاید جزو آنهاست، کند اثر بوده و نسبت به ترکیبات عصبی که سریع اثر خود را بروز می‌دهند، تاثیر خود را با تاخیر روی آفات بروز می‌دهند (Dhadialla *et al.*, 1998; Pener and Dhadialla, 2012). در تحقیق حاضر، این خاصیت به خوبی ثابت شد به طوری که متوکسی‌فنوزاید در بیشتر موارد در ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی کارائی قابل‌توجهی از خود نشان داد. بنابراین تا یک هفته پس از سمپاشی، انتظار قابل‌توجهی از متوکسی‌فنوزاید نباید داشت، چون تاثیر آن از روز هفتم به بعد (در این تحقیق ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی) قابل مشاهده بود. البته این تاثیر همراه با تاخیر را نباید به عنوان یک ویژگی منفی برای این حشره‌کش به حساب آورد، چون اگرچه مرگ کامل حشره با تاخیر انجام می‌شود، اما توقف تغذیه از سوی آفت و در نتیجه توقف خسارت به محصول پس از حدود دو تا سه روز پس از ورود این حشره‌کش به بدن آفت، رخ می‌دهد (Dhadialla *et al.*, 1998; Wing *et al.*, 1988; Dhadialla *et al.*, 2005).

یکی دیگر از ویژگی‌های متوکسی‌فنوزاید، ماندگاری آن در مزرعه است، به‌طوری که گزارش شده که کاربرد آن در نسل دوم خوشه‌خوار انگور در ایتالیا، قادر است کارائی خود را برای نسل سوم تا حدود ۹۰ درصد حفظ کند (Pavan *et al.*, 2014). درحالی‌که این عدد برای ایندوکساکارب و کلرپایریفوس به ترتیب ۷۵ و ۳۰ درصد بود. چنین خاصیتی از متوکسی‌فنوزاید، در مورد آفت دیگر انگور با نام علمی *Paralobesia viteana* Clemens از آمریکا نیز گزارش شده که به مدت دو ماه، آلودگی حبه‌های انگور به این آفت را کاهش داد (Teixeira *et al.*, 2009). البته باید توجه داشت که ماندگاری زیاد حشره‌کش‌ها در مزرعه، اگرچه از دیدگاه کشاورز و به لحاظ کنترل پایدار آفت در نسل‌های متوالی می‌تواند یک مزیت باشد، اما نباید فراموش کرد که از لحاظ مدیریت مقاومت آفات به حشره‌کش‌ها، یک نکته منفی محسوب می شود چون باعث فشار انتخابی و گزینش ژن‌های مقاوم و در نتیجه گسترش سریع‌تر مقاومت آفت می‌شود (McKenzie, 1996; Ffrench-Constant *et al.*, 2004). به همین دلیل توصیه می‌شود به عنوان یک اقدام پیشگیرانه برای جلوگیری از بروز مقاومت آفت، متوکسی‌فنوزاید در تناوب با سایر حشره‌کش‌هائی که نحوه عمل متفاوتی دارند مصرف شود (Mosallanejad, 2021). زیرا گزارش‌های جهانی ثابت کرده‌اند که مقاومت به متوکسی‌فنوزاید در گونه‌های مختلف بال‌پولک‌داران رخ می دهد (Mosallanejad and Smagghe 2009; Langa *et al.*, 2021). نکته قابل توصیه دیگر اینکه با توجه به خصوصیت ماندگاری متوکسی‌فنوزاید باید از مصرف آن در زمان‌های نزدیک به برداشت محصول خودداری شود تا سلامت محصول و مصرف‌کنندگان به خطر نیفتد. یافته دیگر این تحقیق این بود که متوکسی‌فنوزاید با غلظت ۰/۷۵ درهزار و غلظت ۰/۵ درهزار تقریبا کارائی یکسانی داشتند و بنابراین توصیه می‌شود این حشره‌کش با دز ۰/۵ درهزار علیه این آفت مصرف شود.

در پژوهش حاضر لوفوکس نیز حتی تا ۲۱ روز بعد از سمپاشی، کارائی قابل توجهی از خود نشان داد. لوفوکس یک حشره‌کش ترکیبی است که از دو ماده موثره "لوفنورون+فنوکسی‌کارب" تشکیل شده است. لوفنورون یک بازدارنده سنتز کیتین (بنزوئیل‌فنیل‌اوره‌ها) و فنوکسی‌کارب نیز یک شبه هورمون جوانی است. ثابت شده است که به دلیل خصوصیات فیزیکی–شیمیائی، هم ترکیبات بازدارنده سنتز کیتین و هم شبه هورمون‌های جوانی، پایداری و ماندگاری زیادی دارند. علاوه بر آن مخلوط کردن آنها به عنوان آفت‌کش، از لحاظ سم شناسی هم ممکن است باعث اثر افزایشی[2] و هم اثر تشدیدکنندگی[3]

1- Hemiptera: Anthocoridae

2- Additive effect

3- Synergistic effect

(هم افزائی) را باعث شود که در منابع علمی ثابت شده است (Arthur and Hartzer, 2018; Sutton *et al*., Arthur, 2019; 2011). نکته دیگری که در این تحقیق تایید شد، ماندگاری و اثر بخشی اسپینوزاد تا ۲۱ روز پس از سمپاشی بود. این یافته با تحقیقات دیگر محققان مطابقت دارد. بر اساس گزارش ساندرز و برت (Saunders and Bret, 1997)، نیمه عمر اسپینوزاد بسته به محصول نوع گیاه و در شرایط مزرعه که تجزیه نوری آفت‌کش‌ها، اتفاق می‌افتد بین ۱/۶ تا ۲۰ روز متغیر است. به عنوان مثال نیمه عمر اسپینوزاد در مزارع کیوی و در مبارزه با *Spodoptera exigua*، ۱۰ تا ۲۰ روز گزارش شده است (McDonald *et al*., 1998). گزارش ساندرز و برت همچنین اشاره می‌کند که در شرایط سایه (بدون نور خورشید)، نیمه عمر اسپینوزاد به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. در تایید این نکته، تحقیقات ثابت کرده است که در گندم‌های انبار شده، تجزیه اسپینوزاد بعد از شش، هفت و نیم و نه ماه انبارداری، به ترتیب ۳۷، ۴۲ و ۴۴ درصد بوده است (Daglish *et al*., 2008; Daglish and Nayak, 2006). در تحقیق دیگری، تجزیه آرام و کند اسپینوزاد در شرایط گلخانه نیز گزارش شده است (Sántis *et al*., 2012). بنابراین ماندگاری و اثربخشی اسپینوزاد که در این تحقیق ثابت شد نیز با یافته‌های اشاره شده مطابقت دارد.

علت ماندگاری اسپینوزاد در شرایط این تحقیق را می‌توان به وجود سایه در باغات ربط داد چون در همه مناطق مورد مطالعه، درختچه‌های انگور از نوع ایستاده بودند که سایه انداز خوبی حاکم بوده است که باعث می‌شود خوشه‌های سمپاشی شده از نور خورشید در امان باشند و همچنین باعث می‌شود شرایط دمائی زیادی که باعث تجزیه آفت‌کش شود، حاکم نشود. در بسیاری از مناطق کشور، حفظ خوشه‌های انگور از نور خورشید بسیار متداول است به‌طوری که در اوایل گل‌دهی و هرس سبز، خوشه‌هایی که بیرون از تاج درخت باشند که امکان تابش نور خورشید به آنها باشد را حذف می‌کنند. همچنین علف‌های هرز باغ را قطع و با آنها سایه‌بان درست می‌کنند. ضمن اینکه در این باغات به طور سنتی رطوبت باغ را به خوبی حفظ می‌کنند. بنابراین به نظر می‌رسد این عوامل توانسته است دوام و کارائی اسپینوزاد را تا مدت زمان بیشتری حفظ کند.

در تحقیق حاضر، کارائی همه تیمارها در خلیل آباد، نسبت به ارومیه و قزوین پائین‌تر بود. دلیل آن سابقه کنترل آفت در منطقه با حشره‌کش‌ها و احتمال بروز مقاومت می‌تواند باشد که قطعا نیاز به بررسی دارد. علت دیگری که می‌توان اشاره کرد وجود اختلاف‌های جغرافیائی آفات و ژنتیک جمعیت هاست (Roush and Daly, 1990) که نقش این فاکتورها در پاسخ‌های متفاوت به حشره‌کش‌ها ثابت شده است (Gao *et al*., 2021; Balanza *et al*., 2019). بنابراین کاملا طبیعی است که جمعیت های مختلف، پاسخ‌های متفاوتی را به حشره کش‌ها بدهند.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., & Hatami, F. (2020). *Iran agricultural statistics of the year 2019*. Ministry of Agriculture-Jahad. 163 pp.
2. Arthur, F.H. (2019). *Efficacy of combinations of methoprene and deltamethrin as long-term commodity protectants*. Insects 10: 50.
3. Arthur, F.H., & Hartzer, K.L. (2018). Susceptibility of selected stored product insects to a combination treatment of pyriproxyfen and novaluron. *Journal of Pest Science* 91: 699–705.
4. Baker N.T. (2017). *Estimated annual agricultural pesticide use by crop group for states of the conterminous United States; 1992–2015*. US Geological Survey, Reston. 507 pp.
5. Bakli, D., Kirane-Amrani, L., Soltani-Mazouni, N., & Soltani, N. (2016). Methoxyfenozide, an ecdysteroid agonist insecticide, alters oocyte growth during metamorphosis of *Ephestia kuehniella* Zeller. *African Entomology* 24: 453–459.
6. Balanza, V., Mendoza, J.E., & Bielza, P. (2019). Variation in susceptibility and selection for resistance to imidacloprid and thiamethoxam in Mediterranean populations of *Orius laevigatus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 167: 626–635.
7. Childs, L.M., Cai, F.Y., Kakani, E.G., Mitchell, S.N., Paton, D., Gabrieli, P., Buckee, C.O., & Catteruccia, F. (2016). Disrupting mosquito reproduction and parasite development for malaria control. *Plos Pathogens* 12: e1006060.
8. Civolani, S., Boselli, M., Butturini, A., Chicca, M., Fano, E.A., & Cassanelli, S. (2014). Assessment of insecticide resistance of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in Emilia-Romagna region. *Journal of Economic Entomology* 107: 1245–1249.
9. Daane, K.M., Vincent, C., Isaacs, R., & Ioriatti, C. (2018). Entomological opportunities and challenges for sustainable viticulture in a global market. *Annual Review of Entomology* 63: 193–214.
10. Daglish, G.J., Head, M.B., & Hughes, P.B. (2008). Field evaluation of spinosad as a grain protectant for stored wheat in Australia: efficacy against *Rhyzopertha dominica* (F.) and fate of residues in whole wheat and milling fractions. *Australian Journal of Entomology* 47: 70–74.

11. Daglish, G.J., & Nayak, M.K. (2006). Long-term persistence and efficacy of spinosad against *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) in wheat. *Pest Management Scince* 62: 148–152.
12. del Mar Fernández, M., Amor, F., Bengochea, P., Velázquez, E., Medina, P., Fereres, A., & Viñuela, E. (2012). Effects of the insecticides methoxyfenozide and abamectin to adults of the whitefly natural enemies *Eretmocerus mundus* (Mercet)(Hymenoptera: Aphelinidae), *Orius laevigatus* (Fieber)(Hemiptera: Anthocoridae) and *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Mirida). *International Organization for Biological and integrated Control-West Palaearctic Regional Section* 82: 1–7.
13. Dhadialla, T.S., Carlson, G.R., & Le, D.P. (1998). New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Annual Review of Entomology* 43: 545–569.
14. Dhadialla, T.S., Retnakaran, A., & Smagghe, G. (2005). *Insect growth- and development-disrupting insecticides*. Comprehensive Molecular Insect Science. Eds L.I. Gilbert, K. Iatrou, S.S. Gill, Elsevier Press, Oxford., pp. 55–116.
15. Ffrench-Constant, R.H., Daborn, P.J., & Le Goff, G. (2004). The genetics and genomics of insecticide resistance. *Trends in Genetics* 20: 163–170.
16. Gao, Y.F., Gong, Y.J., Cao, L.J., Chen, J.C.,Gao, Y.L., Mirab-balou, M., Chen, M., Hoffmann, A.A., & Wei, S.J. (2021). Geographical and interspecific variation in susceptibility of three common thrips species to the insecticide, spinetoram. *Journal of Pest Science* 94: 93–99.
17. Hamaidia, K., & Soltani, N. (2021). Methoxyfenozide, a molting hormone agonist, affects autogeny capacity, oviposition, fecundity, and fertility in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 58: 1004–1011.
18. Henrich, V.C. (2005). *The ecdysteroid receptor*. Comprehensive Molecular Insect Science, Eds L.I. Gilbert, K. Iatrou, S.S. Gill, Elsevier Press, Oxford. pp. 243–285.
19. Ioriatti, C., Anfora, G., Tasin, M., De Cristofaro, A., Witzgall, P., & Lucchi, A. (2011). Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology* 104: 1125–1137.
20. Ioriatti, C., Lucchi, A., & Varela, L.G. (2012). *Grape berry moths in Western European vineyards and their recent movement into the New World. Arthropod Management in Vineyards*, Eds N. Bostanian, C. Vincent, R. Isaacs, Springer. pp. 339–359.
21. King-Jones, K., & Thummel, C.S. (2005). Nuclear receptors - A perspective from Drosophila. *Nature Reviews Genetics* 6: 311–323.
22. Langa, T.P., Dantas, K.C.T., Pereira, D.L., de Oliveira, M., Ribeiro, L.M.S., & Siqueira, H.A.A. (2021). Basis and monitoring of methoxyfenozide resistance in the South American tomato pinworm *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science* 1–14.
23. McDonald, P.T., Kish, M.K., King, P.A., Dunagan, F.J., & Weiland, R.T. (1998). *Field persistence of several insecticides on cotton foliage as determined by beet armyworm (Spodoptera exigua) bioassay*. In: Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. San Diego, CA., P 208.
24. McKenzie, J.A. (1996). *Ecological and Evolutionary Aspects of Insecticide Resistance*. Academic Press, London. 375 pp.
25. Mommaerts, V., Sterk, G., & Smagghe, G. (2006). Bumblebees can be used in combination with juvenile hormone analogues and ecdysone agonists. *Ecotoxicology* 15: 513–521.
26. Morou, E., Lirakis, M., Pavlidi, N., Zotti, M., Nakagawa, Y., Smagghe, G., Vontas, J., & Swevers, L. (2013). A new dibenzoylhydrazine with insecticidal activity against Anopheles mosquito larvae. *Pest Management Scince* 69: 827–833.
27. Mosallanejad, H. (2021). *Guidelines for the rotation use of insecticides and acaricides (Classification based on mode of action, IRAC system)*. Iranian Research Institute of Plant Protection. (In Persian)
28. Mosallanejad, H., & Smagghe, G. (2009). Biochemical mechanisms of methoxyfenozide-resistance in the cotton leafworm *Spodoptera littoralis*. *Pest Management Science* 65: 732-736.
29. Noorbakhsh, S. (2021). *List of important pests, diseases and weeds of major agricultural crops, pesticides and recommended methods to control them*. Iranian Plant Protection Organization publication. 224 pp. (In Persian)
30. Pavan, F., Cargnus, E., Bigot, G., & Zandigiacomo, P. (2014). Residual activity of insecticides applied against *Lobesia botrana* and its influence on resistance management strategies. *Bulletin of Insectology* 67: 273–280.
31. Pavviya, A., & Muthukrishnan, N. (2017). Field evaluation of methoxyfenozide 24 SC against leaf miner, *Aproaerema modicella* (Deventer) and its effect on predatory coccinellids of groundnut. Legume Research 40.
32. Pener, M.P., & Dhadialla, T.S. 2012. An overview of insect growth disruptors; applied aspects. *Advances in Insect Physiology* 43: 1–162.
33. Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffmann, C., Grando, M.S., Gary, C., Lafond, D., Duso, C., & Thiery, D. (2017). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection* 97: 70–84.
34. Prabhaker, N., Castle, S., Byrne F., Henneberry T.J., and Toscano N.C. (2006). Establishment of baseline susceptibility data to various insecticides for *Homalodisca coagulata* (Homoptera: Cicadellidae) by comparative

bioassay techniques. *Journal of Economic Entomology* 99: 141–154.

35. Retnakaran, A., Krell, P., Feng, Q.L., & Arif, B. (2003). Ecdysone agonists: Mechanism and importance in controlling insect pests of agriculture and forestry. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 54: 187–199.
36. Rodriguez-Saona, C., Wanumen, A.C., Salamanca, J., Holdcraft, R., & Kyryczenko-Roth, V. (2016). Toxicity of insecticides on various life stages of two tortricid pests of cranberries and on a non-target predator. *Insects* 7: 15.
37. Roush, R.T., & Daly, J.C. (1990). *The role of population genetics in resistance research and management*. Pesticide Resistance in Arthropods, Ed R. Roush and B.E. Tabashnik, Chapman and Hal, pp. 97–152.
38. Sabry, H.M., Mead, H.M.I., & Khater, K.S. (2017). Inhibitory effects of Methoxyfenozide on reproductive organs of cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Journal of Plant Protection and Pathology* 8: 219–227.
39. Sántis, E.L., Hernández, L.A., Martínez, A.M., Campos, J., Figueroa, J.I., Lobit, P., Chavarrieta, J.M., Viñuela, E., Smagghe, G., & Pineda, S. (2012). Long- term foliar persistence and efficacy of spinosad against beet armyworm under greenhouse conditions. *Pest Management Science* 68: 914–921.
40. Saunders, D.G., & Bret, B.L. (1997). Fate of spinosad in the environment. *Down to Earth* 52: 14–20.
41. Smagghe, G., Gomez, L.E., & Dhadialla, T.S. (2012). Bisacylhydrazine insecticides for selective pest control. *Advances in Insect Physiology* 43: 163–249.
42. Soin, T., Swevers, L., Kotzia, G., Iatrou, K., Janssen, C.R., Rougé, P., Harada, T., Nakagawa, Y., & Smagghe, G. (2010). Comparison of the activity of non- steroidal ecdysone agonists between dipteran and lepidopteran insects, using cell-based EcR reporter assays. *Pest Management Science* 66: 1215–1229.
43. Song, Y., Villeneuve, D.L., Toyota, K., Iguchi, T., & Tollefsen, K.E. (2017). Ecdysone receptor agonism leading to lethal molting disruption in arthropods: review and adverse outcome pathway development. *Environmental Science and Technology* 51: 4142–4157.
44. Steinitz, H., Sadeh, A., Kliot, A., & Harari, A. (2015). Effects of radiation on inherited sterility in the European grapevine moth *(Lobesia botrana)*. *Pest Management Science* 71: 24–31.
45. Sutton, A.E., Arthur, F.H., Zhu, K.Y., Campbell, J.F., & Murray, L.W. (2011). Residual efficacy of synergized pyrethrin+ methoprene aerosol against larvae of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 47: 399–406.
46. Teixeira, L.A.F., Mason, K., & Isaacs, R. (2009). Control of grape berry moth (Lepidoptera: Tortricidae) in relation to oviposition phenology. *Journal of Economic Entomology* 102: 692–698.
47. Thiéry, D., Louâpre, P., Muneret, L., Rusch, A., Sentenac, G., Vogelweith, F., Iltis, C., & Moreau, J. (2018). Biological protection against grape berry moths, A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38: 1–18.
48. Van Timmeren, S., Mota-Sanchez, D., Wise, J.C., and Isaacs, R. (2018). Baseline susceptibility of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*) to four key insecticide classes. *Pest Management Science* 74: 78–87.
49. Vassiliou, V.A. (2011). Effectiveness of insecticides in controlling the first and second generations of the *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in table grapes. *Journal of Economic Entomology* 104: 580–585.
50. Wing, K.D., Slawecki, R.A., & Carlson, G.R. (1988). RH-5849, a nonsteroidal ecdysone agonist: effects on larval Lepidoptera. *Science* 241: 470–472.